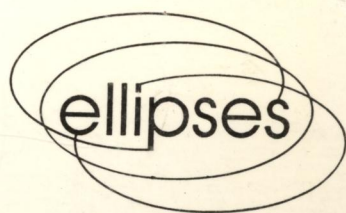


# ALGORITHMIQUE ET STRUCTURES DE DONNÉES

PROGRAMMATION

**Daniel KROB**



2-005-227-1

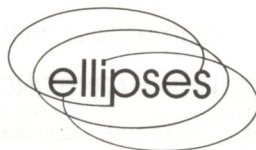


2-005-227-1

# ALGORITHMIQUE ET STRUCTURES DE DONNÉES PROGRAMMATION

**Daniel KROB**

Maître de conférences à l'Université de Rouen  
Ancien élève de l'E.N.S. de Fontenay-aux-Roses



# Table des matières

|                                                                        |               |
|------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>Introduction.....</b>                                               | <b>5</b>      |
| <b>Chapitre 1 - La programmation structurée.....</b>                   | <b>7</b>      |
| I. L'approche modulaire des programmes.....                            | 8             |
| 1. Introduction.....                                                   | 8             |
| 2. La modularité et l'analyse descendante.....                         | 9             |
| 3. Quelques exemples de construction<br>de programmes structurés ..... | 9             |
| 4. Quelques conseils destinés au programmeur .....                     | 17            |
| II. Un langage structuré.....                                          | 18            |
| 1. Présentation d'un programme .....                                   | 18            |
| 2. Les types de données .....                                          | 18            |
| 3. Les structures de données .....                                     | 19            |
| a) Les tableaux .....                                                  | 19            |
| b) Les structures .....                                                | 20            |
| c) Les pointeurs .....                                                 | 21            |
| 4. Les instructions .....                                              | 23            |
| a) Les instructions conditionnelles .....                              | 23            |
| b) Les instructions itératives .....                                   | 23            |
| 5. Les sous-programmes .....                                           | 24            |
| Exercices.....                                                         | 25            |
| <br><b>Chapitre 2 - Complexités spatiale et temporelle.....</b>        | <br><b>29</b> |
| I. La notion de complexité.....                                        | 31            |
| 1. Introduction .....                                                  | 31            |
| 2. Notations de Landau .....                                           | 32            |
| II. Temps d'exécution d'un programme.....                              | 32            |
| 1. Complexité temporelle d'un programme .....                          | 32            |
| 2. Quelques exemples de calcul de temps d'exécution .                  | 33            |
| 3. Comparaison d'algorithmes .....                                     | 35            |
| 4. Quelques remarques .....                                            | 41            |

|                                                                       |           |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
| III. Complexité spatiale.....                                         | 41        |
| 1. Complexité spatiale d'un algorithme .....                          | 41        |
| 2. Quelques exemples de réduction de complexité spatiale .....        | 42        |
| IV. Techniques d'évaluation.....                                      | 48        |
| 1. Suites récurrentes linéaires .....                                 | 48        |
| 2. Séries génératrices .....                                          | 51        |
| 3. Quelques formules d'évaluation asymptotique .....                  | 52        |
| Exercices.....                                                        | 55        |
| <br><b>Chapitre 3 - La programmation itérative et récurrente ....</b> | <b>61</b> |
| I. Assertions et preuves de programme.....                            | 63        |
| 1. Variables et affectations .....                                    | 63        |
| 2. Assertions .....                                                   | 64        |
| 3. Invariants de boucles .....                                        | 65        |
| II. Applications à la construction de programmes.....                 | 69        |
| 1. Introduction .....                                                 | 69        |
| 2. Le problème du drapeau tricolore .....                             | 69        |
| 3. Recherche dans une suite croissante .....                          | 71        |
| a) La recherche séquentielle .....                                    | 72        |
| b) La recherche dichotomique .....                                    | 73        |
| 4. Le problème du plateau .....                                       | 74        |
| 5. La méthode de Gauss-Seidel .....                                   | 75        |
| 6. Les permutations codées par les entiers .....                      | 78        |
| 7. Exponentiation entière .....                                       | 80        |
| Exercices.....                                                        | 83        |
| <br><b>Chapitre 4 - La programmation récursive .....</b>              | <b>87</b> |
| I. Généralités sur la récursivité.....                                | 89        |
| 1. Introduction .....                                                 | 89        |
| 2. Arborescences d'appels .....                                       | 90        |
| 3. Preuves de programmes récursifs .....                              | 91        |
| 4. Appels par valeur et par nécessité .....                           | 95        |
| II. Construction de programmes récursifs.....                         | 96        |
| 1. Introduction .....                                                 | 96        |
| 2. Multiplication entière .....                                       | 96        |
| 3. Anagrammes .....                                                   | 98        |
| 4. Un dessin récursif .....                                           | 99        |
| 5. Un module de parenthésage .....                                    | 101       |
| 6. Suites récurrentes linéaires .....                                 | 105       |

|                                         |     |
|-----------------------------------------|-----|
| III. Quelques grands classiques .....   | 108 |
| 1. Les tours de Hanoï .....             | 108 |
| 2. Le baguenaudier .....                | 109 |
| IV. Diviser pour régner .....           | 112 |
| 1. Introduction .....                   | 112 |
| 2. Multiplication de deux entiers ..... | 114 |
| 3. Le produit de deux matrices .....    | 121 |
| Exercices .....                         | 125 |

## **Chapitre 5 - Dérécursification ..... 133**

|                                                  |     |
|--------------------------------------------------|-----|
| I. Généralités sur la dérécursification .....    | 135 |
| 1. Introduction .....                            | 135 |
| 2. La pile des appels récursifs .....            | 136 |
| 3. Procédures équivalentes .....                 | 138 |
| 4. Les appels terminaux .....                    | 139 |
| II. Dérécursification par pile .....             | 143 |
| 1. Introduction .....                            | 143 |
| 2. La notion de pile .....                       | 143 |
| 3. Elimination des variables locales .....       | 145 |
| a) Introduction .....                            | 145 |
| b) Le cas général .....                          | 146 |
| c) Utilisation de fonctions réciproques .....    | 147 |
| 4. Dérécursification de schémas classiques ..... | 150 |
| a) Un schéma "Si Alors Sinon" .....              | 150 |
| b) Un schéma "Tant Que" .....                    | 155 |
| c) Un schéma à récursivité double .....          | 158 |
| III. Dérécursification par arbres .....          | 162 |
| 1. Principe .....                                | 162 |
| 2. La notion d'arbre .....                       | 162 |
| 3. Un schéma à récursivité double .....          | 163 |
| a) Présentation du schéma .....                  | 163 |
| b) Exploration de l'arbre d'exécution .....      | 165 |
| c) Simulation de l'arbre par des entiers .....   | 169 |
| d) Le cas où $\varphi$ est injective .....       | 170 |
| Exercices .....                                  | 173 |

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| <b>Bibliographie .....</b> | <b>183</b> |
|----------------------------|------------|

|                    |            |
|--------------------|------------|
| <b>Index .....</b> | <b>185</b> |
|--------------------|------------|

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| <b>Table des matières .....</b> | <b>189</b> |
|---------------------------------|------------|